

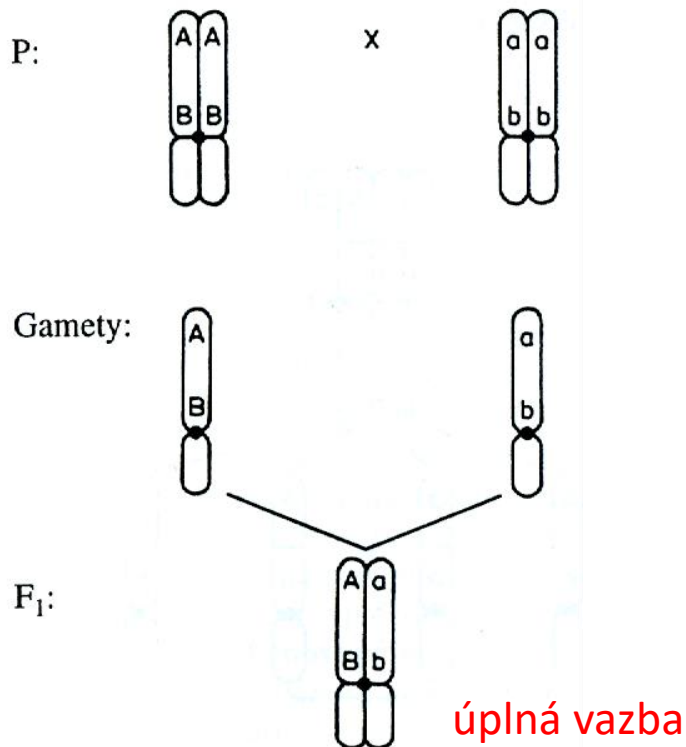
4. ročník - GENETIKA

Vazba genů

VAZBA GENŮ

Mendelovy zákony platí jen pro geny umístěné na různých chromozomech = heterologních

Pokud tedy leží např. dva různé geny na jednom chromozomu (homologním), pak nejsou volně kombinovatelné a je mezi nimi tzv. **vazba**



Tvorba gamet = meiotické dělení

Zopakovat meiotické dělení!

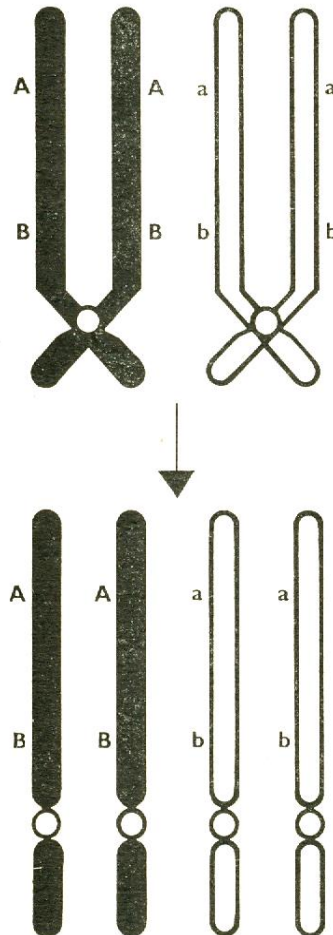
- **rodičovské gamety** – vytvořeny z chromatid, u kterých nedošlo ke crossing-overu → jsou vždy shodné s rodičovskou sestavou alel
- profáze I. meiotického dělení - možnost vzniku **crossing-overu** díky vzniku bivalentů = tetrad
- **rekombinované gamety** nesou odlišnou genetickou výbavu než původní rodič díky výměně částí chromozomů stejného typu, mezi **nesesterskými** chromatidami
- **rekombinovaných gamet je vždy méně než 50%**

***Frekvence rekombinace lokusů chromozomů je častější u žen, proto se tvoří genetické mapy ženských chromozomů

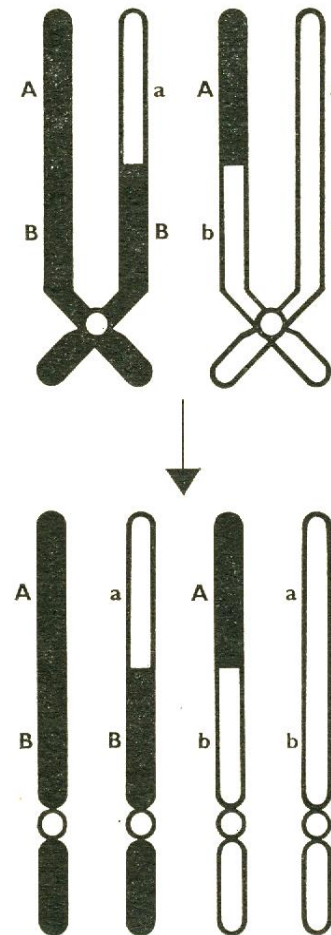
CROSSING – OVER

Fáze cis:

ÚPLNÁ VAZBA:



NEÚPLNÁ VAZBA:



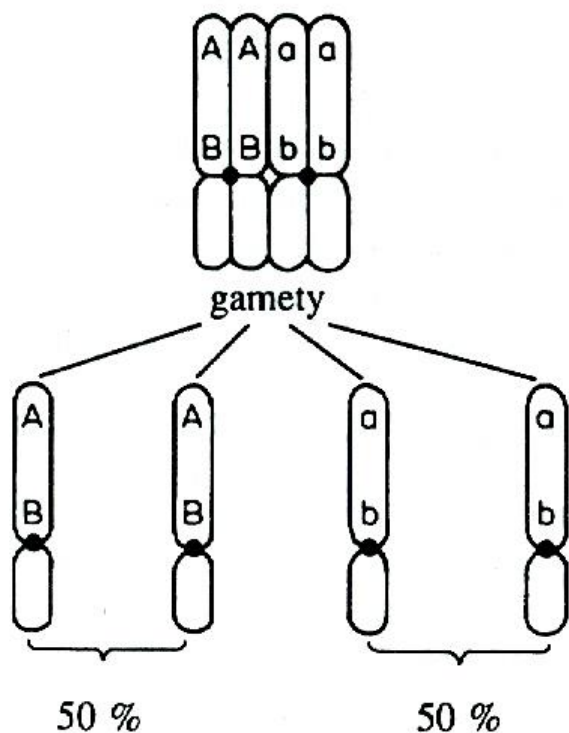
Fáze cis: P: ABAB x abab

Volná kombinovatelnost:

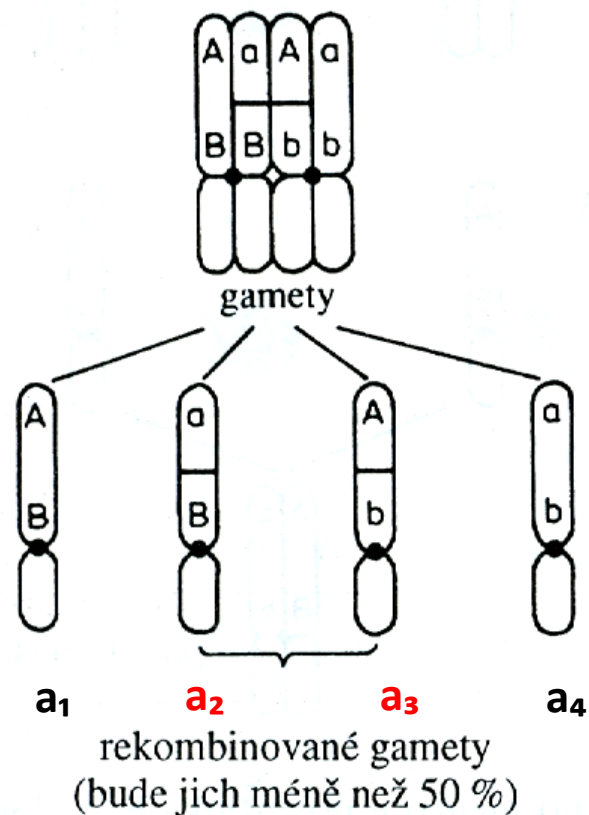
gamety: AB/ab...1 : 1

neúplná vazba genů:

gamety: AB / aB / Ab/ ab



Meióza:



Vazbová fáze cis – heterozygotní rodič má dominantní alely sledovaných genů na jednom homologním chromozomu, recesivní na druhém (AB/ab)

- nové rekombinantní gamety jsou: Ab/aB

Vazbová fáze trans – heterozygotní rodič má na obou homologních chromozomech jednu dominantní a jednu recesivní alelu sledovaných genů (Ab/aB)

- nové rekombinantní gamety jsou: AB/ab

Fáze trans:

P: AbAb x aBaB

úplná vazba:

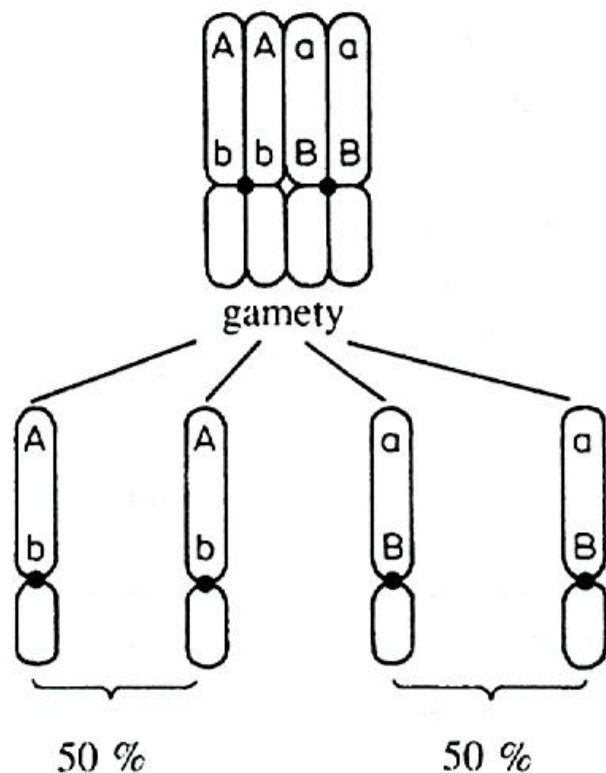
gamety: Ab/aB ...**1 : 1**

neúplná vazba genů:

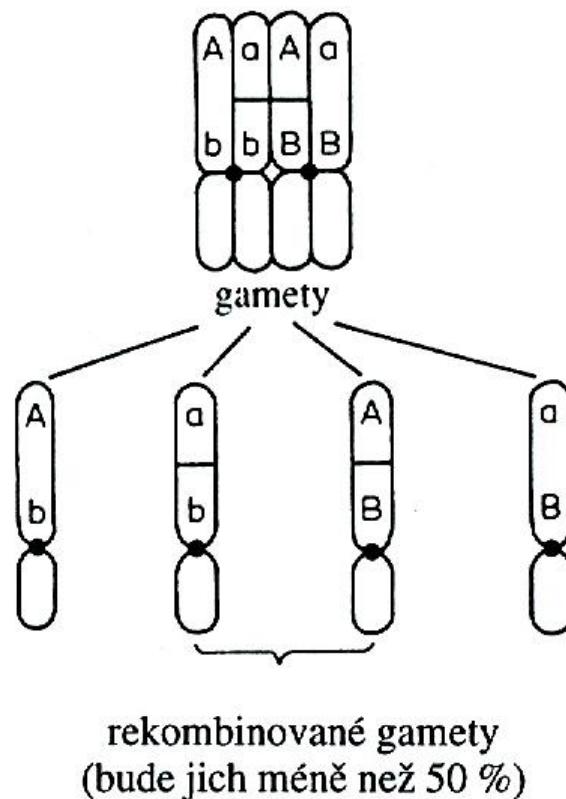
gamety: Ab / ab / AB/ aB

správný zápis gamet: AB / Ab / aB / ab

Meióza:



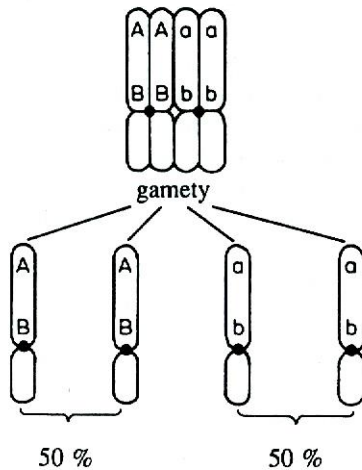
Meióza:



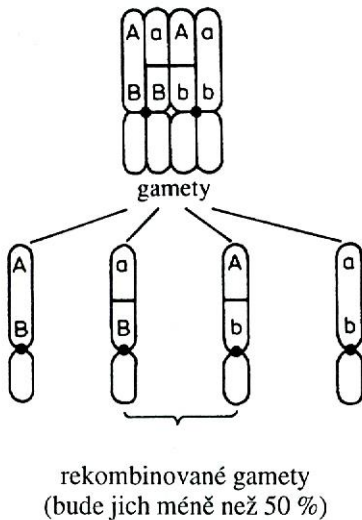
Fáze cis:

Při vazbě úplné:

Meióza:



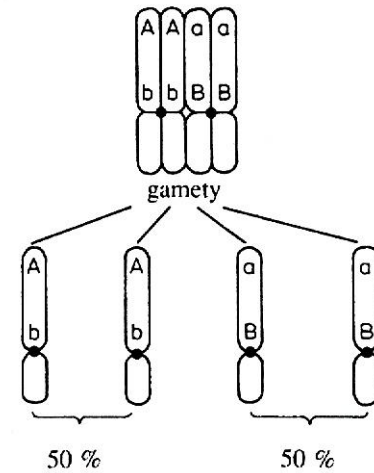
Meióza: **neúplná vazba:**



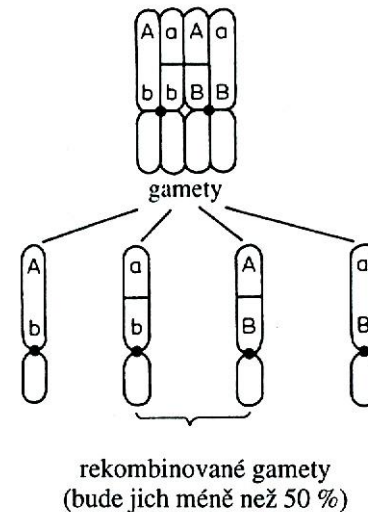
Fáze trans:

Při vazbě úplné:

Meióza:



Meióza: **neúplná vazba:**

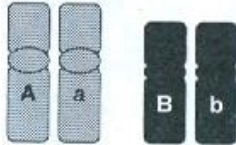


Provedte zpětné křížení v případě volné kombinovatelnosti alel a totéž pro úplnou vazbu mezi geny **A**, **B**. **Zpětné křížení je křížení mezi recesivním homozygotem a heterozygotem** – pozor, jde o dihybridní křížení. Sestavte tabulku a zjistěte genotypové poměry. **Vzniklé potomstvo se označuje B₁ generace**

VOLNÁ KOMBINOVATELNOST

a)

NOVATELNOST

		heterozygot AaBb 			
	gamety	AB	Ab	aB	ab
dvojnásobný homozygot aabb 	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
početní poměr potomků		1	1	1	1

VAZBA GENŮ

aabb	heterozygot AaBb 		
1	gamety	AB	ab
dvojnásobný homozygot aabb 	ab	AaBb	aabb
početní poměr potomků		1	1

ZPĚTNÉ -
TESTOVACÍ KŘÍŽENÍ

Testovací křížení - vazba

Fáze cis

Zpětné křížení: AaBb x aabb
Genotyp a jeho frekvence

0 cM	AB/ab 0.5			ab/ab 0.5
10 cM	AB/ab 0.45	Ab/ab 0.05	aB/ab 0.05	ab/ab 0.45
50cM	AB/ab 0.25	Ab/ab 0.25	aB/ab 0.25	ab/ab 0.25

Fáze trans

Zpětné křížení: AaBb x aabb
Genotyp a jeho frekvence

0 cM		Ab/ab 0.5	aB/ab 0.5	
22 cM	AB/ab 0.11	Ab/ab 0.39	aB/ab 0.39	ab/ab 0.11
50cM	AB/ab 0.25	Ab/ab 0.25	aB/ab 0.25	ab/ab 0.25

PRINCIPY VAZBY GENŮ

- **geny leží na stejném chromozomu**
- čím jsou od sebe geny více vzdáleny, tím je jejich vazba slabší
(může dojít ke crossing-overu, mohou se lépe rekombinovat)
- vzdálenost genů na chromozomových mapách se udává v jednotkách **morgan** (pojmenovaných po americkém vědci T. H. Morganovi). Jde o procentuální podíl potomků s rekombinantními fenotypy

Morganovo číslo – p - výpočet síly vazby:

$p = \frac{\text{počet rekombinovaných gamet}}{\text{počet všech gamet}}$

počet všech gamet

(míněno gamet produkovaných heterozygotním rodičem v testovacím křížení s recesivním homozygotem)

nabývá hodnot 0 - 0,5 M (Morganů) = vzdálenost genů na chromozomu

Morganovo číslo

Vyjadřuje vzdálenost mezi geny a tím nepřímo i sílu vazby.

Vzorec:

$$p = \frac{R}{N + R} \times 100$$

- **p** - procento potomků s **rekombinovanou** sestavou alel = **Morganovo číslo**
- **R** - počet rekombinantních potomků
- **N** - počet potomků s **původní** rodičovskou sestavou

Morganovo číslo = podíl četnosti „rekombinovaných“ fenotypových tříd na celkové četnosti potomstva v generaci B1

Fáze CIS:

$$p = \frac{a_2 + a_3}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}$$

Fáze TRANS:

$$p = \frac{a_1 + a_4}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}$$

Morganovo číslo vyjadřujeme v % a označuje procentuální zastoupení rekombinovaných jedinců v populaci.

Morganovo číslo vyjadřujeme v % a označuje procentuální zastoupení rekombinovaných jedinců v populaci.

Nabývá hodnot od 0 – 50% (čím je % vyšší, tím je vazba slabší)

- 1 cM (centimorgan) odpovídá pravděpodobnosti rekombinace 1%
- V lidském genomu odpovídá 1cM zhruba 1 milionu bází
- Příklad: vzdálenost lokusu A a B je 12,3cM = ve 12,3 děleních ze 100 dojde mezi lokusy A a B ke crossing-overu (rekombinaci)
- ❖ **0 cM = absolutní vazba** – geny jsou lokalizované na chromosomu v těsné blízkosti nebo jsou v oblasti, kde neprobíhá crossing-over => nevznikají rekombinované gamety
- ❖ **50 cM** = volná kombinovatelnost nebo velká vzdálenost na jednom chromozomu

Genetické mapy chromozomů:

- stanovením síly vazby mezi geny vázanými na jednom chromozomu lze stanovit pořadí genů za sebou
- lze tak vytvořit genetickou mapu chromozomu (dnes již modernější způsoby)

Příklad:

Vypočítejte vzdálenost genů A a B v centimorganech:

Křížením rodiče dvojnásobně heterozygotního s dvojnásobně recesivním homozygotem bylo získáno potomstvo s tímto složením:

B₁ generace: 80 (AB) 20 (Ab) 20 (aB) 80 (ab)

- Jaké jsou původní rodičovské sestavy alel?
- Které kombinace vznikly crossing-overem?
- Vypočítejte vzdálenost genů.

ŘEŠENÍ PŘÍKLADU:

- K fenotypům potomků doplníme genotypy, podle genotypů rodičů:
- Rodiče: AaBb x aabb
- Fenotypy potomků: AB Ab aB ab
- Počet jedinců: 80 20 20 80
- Celkem: 200 jedinců
- Úvaha: mezi geny není vazba → štěpný poměr: 1:1:1:1 **ZDE NEODPOVÍDÁ**
- Dosadíme do vzorce:

$$p = \frac{20 + 20}{80 + 80 + 20 + 20} \times 100 = 20$$

- **Vzdálenost genů A a B je 20 cM neboli mapových jednotek**
- V lidském genomu odpovídá 1cM zhruba 1 milionu bází
- 20% jedinců má rekombinovaný genotyp

PŘÍKLAD:

Křížením dvojnásobného heterozygota s dvojnásobným recesivním homozygotem vzniklo potomstvo o následujícím fenotypovém složení:

B_1 : 20 (AB), 80 (Ab), 80 (aB), 20 (ab)

- Vysvětlete, v čem se tento příklad liší od předcházejícího.
- Jaké jsou původní rodičovské sestavy alel?
- Které kombinace vznikly crossing-overem?
- Bude mapová vzdálenost genů A a B jiná než v předchozím případě?
- Vypočítejte vzdálenost genů.

ŘEŠENÍ PŘÍKLADU:

- K fenotypům potomků doplníme genotypy, podle genotypů rodičů:
- Rodiče: AaBb x aabb
- Fenotypy potomků: AB Ab aB ab
- Genotypy potomků: AaBb Aabb aaBb aabb
- Počet jedinců: 20 80 80 20
- Celkem: 200 jedinců
- Úvaha: mezi geny není vazba → štěpný poměr: 1:1:1:1 **ZDE NEODPOVÍDÁ**
- **Vzniká větší počet gamet typu Ab a aB.....rodiče křížení ve fázi trans**
- Dosadíme do vzorce pro fázi trans: $\frac{(a_1 + a_4)}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4} \times 100$
- Rodiče nesli tyto kombinace alel: AbAb x aBaB...tvořili gamety: Ab / aB
- Crossing-overem vznikly nové kombinace alel na chromozomu: AB / ab
- **Vzdálenost genů A a B je 20 cM neboli mapových jednotek... 20% jedinců s novou kombinací alel**

Řešte příklady:

1. Černá barva těla octomilky je recesivní vůči obvyklému šedému zbarvení, dlouhá křídla jsou dominantní nad zkrácenými. Mezi oběma geny je vazba.

Při křížení dihybridní šedé samičky s dlouhými křídly s černým samečkem se zkrácenými křídly jsme získali 822 černých mušek s dlouhými křídly, 690 šedých s krátkými, 158 černých s krátkými a 130 šedých s dlouhými křídly.

a) Jaké je alelické uspořádání mezi zmíněnými dvěma geny?

b) Jaká je jejich relativní vzdálenost?

2. U rajčete je kulatý tvar plodu dominantní nad podlouhlým a přítomnost lesklé slupky dominantní nad matnou. Mezi geny je vazba.

Při zpětném křížení dihybrida s recesivním homozygotem jsme získali 108 rostlin s kulatými a lesklými plody, 117 rostlin s podlouhlými a matnými plody, 12 rostlin s kulatými a matnými plody a 13 rostlin s podlouhlými a lesklými plody.

a) Jaké je alelické uspořádání mezi zmíněnými dvěma geny?

b) Jaká je jejich relativní vzdálenost?

1. Černá barva těla octomilky je recesivní vůči obvyklému šedému zbarvení, dlouhá křídla jsou dominantní nad zkrácenými. Mezi oběma geny je vazba. Při křížení dihybridní šedé samičky s dlouhými křídly s černým samečkem se zkrácenými křídly jsme získali 822 černých mušek s dlouhými křídly, 690 šedých s krátkými, 158 černých s krátkými a 130 šedých s dlouhými křídly.

a) Jaké je alelické uspořádání mezi zmíněnými dvěma geny?

b) Jaká je jejich relativní vzdálenost?

B – šedá barva	rodiče:	BbKk	x	bbkk	
b – černá barva					
K – dlouhá křídla	potomci:	822	690	158	130
k – krátká křídla		bb Kk	Bbkk	bbkk	BbKk

a) Uspořádání alel u heterozygotní samičky je typu TRANS

b) Výpočet Morganova čísla: $p = (158 + 130) / (822 + 690 + 158 + 130) = 0,16$ M
 Relativní vzdálenost těchto genů je 16 cM.

2. U rajčete je kulatý tvar plodu dominantní nad podlouhlým a přítomnost lesklé slupky dominantní nad matnou. Geny řídící tyto znaky leží na stejném chromozomu.

Při zpětném křížení dihybrida s recesivním homozygotem jsme získali 108 rostlin s kulatými a lesklými plody, 117 rostlin s podlouhlými a matnými plody, 12 rostlin s kulatými a matnými plody a 13 rostlin s podlouhlými a lesklými plody.

a) Jaké je alelické uspořádání mezi zmíněnými dvěma geny?

b) Jaká je jejich relativní vzdálenost?

P – kulatý plod	rodiče:	PpSs	x	ppss
p – podlouhlý plod				
S – lesklá slupka		108	117	12
s – matná slupka	potomci:	Pp Ss	pp ss	Ppss
				pp Ss

a) Kombinace kulaté + lesklé a podlouhlé + matné jsou častější to znamená původní. Z toho důvodu je uspořádání alel: typ CIS.

b) Výpočet Morganova čísla: $p = (12 + 13) / (108 + 117 + 12 + 13) = 0,1$ morganů, takže relativní vzdálenost je 10 cM.

Segregační důsledky vazby genů

Dihybridismus AaBb: geny jsou ve vzájemné vazbě. Síla vazby $c = 10$ (10 krát častější výskyt nerekombinovaných gamet vůči rekombinovaným).

Fáze CIS: 10-krát častěji se uplatňují nerekombinované gamety AB a ab než ty rekombinací vzniklé Ab a aB.

$F_1 \times F_1$: AaBb x AaBb

gamety: AB, Ab, aB, ab AB, Ab, aB, ab

F_2 :

NEREKOMBINOVANÉ GAMETY

REKOMBINOVANÉ GAMETY

gamety	10AB	1Ab	1aB	10ab
10AB	100 AABB	10 AABb	10 AaBB	100 AaBb
1Ab	10 AABb	1 AAbb	1AaBb	10 Aabb
1aB	10 AaBB	1 AaBb	1aaBB	10aaBb
10ab	100 AaBb	10 Aabb	10 aaBb	100 aabb

Fenotypové třídy: A _ B _ : A _ bb : aaB _ : aabb

Fenotypový štěpný poměr: **342 : 21 : 21 : 100**

Segregační důsledky vazby genů

Dihybridismus AaBb: geny jsou ve vzájemné vazbě. Síla vazby $c = 10$ (10 krát častější výskyt nerekombinovaných gamet vůči rekombinovaným).

Fáze trans:

10-krát častěji se uplatňují nerekombinované gamety Ab a aB než ty rekombinací vzniklé AB a ab.

$F_1 \times F_1$: AaBb x AaBb

gamety: AB, Ab, aB, ab AB, Ab, aB, ab

F_2 :

NEREKOMBINOVANÉ GAMETY

REKOMBINOVANÉ GAMETY

gamety	1AB	10Ab	10aB	1ab
1AB	1 AABB	10 AABb	10 AaBB	1 AaBb
10Ab	10 AABb	100AAbb	100 AaBb	10 Aabb
10aB	10 AaBB	100 AaBb	100 aaBB	10aaBb
1ab	1 AaBb	10 Aabb	10 aaBb	1 aabb

Fenotypové třídy: A _ B _ : A _ bb : aaB _ : aabb

Fenotypový štěpný poměr: **243 : 120 : 120 : 1**